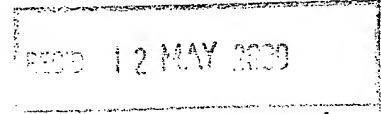


DE 00 / 655

09/914749



38  
105  
227-03

## Bescheinigung

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Verbesserung thermischer Prozeßschritte"

am 4. März 1999 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

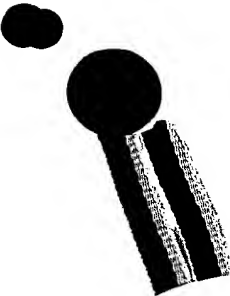
Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol H 01 L 21/324 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 28. April 2000

**Deutsches Patent- und Markenamt**

**Der Präsident**

Im Auftrag



Aktenzeichen: 199 09 564.7

Faust

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)





## Beschreibung

## Verfahren zur Verbesserung thermischer Prozeßschritte

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung thermischer Prozeßschritte bei der Strukturierung von Halbleiterwafern, insbesondere bei Rapid Thermal Processing (RTP)-Prozessen vorzugsweise während der AA-Oxidation, der Sacrificial Oxidation und der GC-Sidewall-Oxidation bei dem der Wafer in
- 10 einer Prozeßkammer mit einer vorgegebenen Aufheizrate auf die Prozeßtemperatur aufgeheizt und nach Ablauf der vorgesehenen Prozeßzeit mit einer vorgegebenen Abkühlrate wieder abgekühlt wird.
- 15 Die bei diesen Prozeßschritten erzeugten Oxide werden zum einen als Streuoxide für die Wannenimplantationen und zum anderen als Zwischenschicht zur Reduzierung von mechanischem Streß verwendet. Die Oxidationsschritte erfolgen in einer Prozeßkammer bei relativ hohen Prozeßtemperaturen, so daß die
- 20 Wafer während dieser Prozeßschritte, insbesondere bei hohen Aufheiz- und Abkühlraten, einer erheblichen thermischen Belastung ausgesetzt werden. Die Aufheizung der Wafer bis zu einem Stabilisierungsschritt, der bei 750 °C liegt, erfolgt beispielsweise mit 50°C/sec und anschließend bis zur Prozeßtemperatur mit einer Aufheizrate von 46°C/sec bei der AA-Oxidation. Die Abkühlrate kann 50°C/sec im oberen Temperaturbereich betragen.

- Problematisch sind insbesondere die RTP-Prozesse bei der AA-
- 30 Oxidation, der Sacrificial-Oxidation und bei der GC-Sidewall-Oxidation. Besonders der integrierte Gate Stack reagiert empfindlich auf hohe Aufheizraten.

- Die dabei auftretenden thermischen Belastungen können zu lateralen Scheibenverzügen führen, die nicht korrigierbare Lagefehler der übereinander liegenden Strukturebenen, insbesondere der Kontaktlochebenen, zur Folge haben. Bei den bisher
- 35

üblichen Strukturbreiten von wesentlich mehr als 0,25 mm und dem dabei verwendeten Scheibenmaterial traten derartige Lagefehler nicht auf.

- 5 Bei Technologien  $\leq 0,25$  mm für hochintegrierte Speicherbauelemente sind derartige Lagefehler in den Kontaktlochebenen, die auch zu DC-Yield Verlusten führen, nicht mehr tolerierbar und können zu deutlichen Ausbeuteverlusten oder sogar zur totalen Funktionsunfähigkeit ganzer Lose führen.

10

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verbesserung thermischer Prozeßschritte zu schaffen, bei dem die vorstehend beschriebenen Nachteile vermieden werden.

15

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabenstellung wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß das Wafer mit einer Aufheizrate von ca.  $12^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  bis zu einem kurzzeitigen Stabilisierungsschritt bei konstanter Temperatur und anschließend bis zur vorgesehenen Prozeßtemperatur mit einer Aufheizrate von  $10^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  aufgeheizt wird und nach Ablauf der Prozeßzeit mit einer vorgegebenen geringen Abkühlrate bis zur Raumtemperatur abgekühlt wird.

20

- 25 Der Stabilisierungsschritt wird bevorzugt auf eine Temperatur von  $120^{\circ}\text{C}$  unter die Prozeßtemperatur angehoben und beträgt beispielsweise  $1000^{\circ}\text{C}$ .

30

Mit der Reduzierung der Aufheizrate und der Verschiebung der Stabilisierungstemperatur von bisher  $750^{\circ}\text{C}$  auf  $120^{\circ}\text{C}$  unter die Prozeßtemperatur wird der Temperaturgang über dem Wafer homogenisiert. Damit treten keine Waferverzüge mehr auf.

35

Die Reduzierung der Aufheizrate führt darüberhinaus zur Verringerung des Temperaturgradienten pro Zeiteinheit über dem Wafer während des Stabilisierungsschrittes während der drei

Oxidationsprozesse, d.h. während der AA-Oxidation, der Sacrificial-Oxidation und der GC-Sidewall-Oxidation.

5 In Fortführung der Erfindung wird das Wafer mit einer Abkühlrate ca. 20°C/sec im Hochtemperaturbereich abgekühlt. Damit wird verhindert, daß während des Abkühlens Waferverzüge auftreten können.

10 Vorzugsweise wird der Wafer wenigstens in dem Temperaturbereich, in dem Waferverzüge auftreten können, mit der Abkühlrate von ca. 20°C/sec von der Prozeßtemperatur bis 120° unter die Prozeßtemperatur abgekühlt.

15 Weiterhin ist es von Vorteil, wenn der Spülschritt am Anfang des Rezeptes so weit reduziert wird, daß die Kammer noch ausreichend mit Prozeßgas gespült wird und der Kühlschritt am Ende des Rezeptes so weit reduziert wird, daß die Ausfahrtemperatur 600°C beträgt, so daß insgesamt eine Reduzierung der Prozeßzeit erreicht wird.

20

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden, wobei in der zugehörigen Zeichnungsfigur ein Temperaturprofil für die AA-Oxidation dargestellt ist.

Die Aufheizung des Wafers in einer Prozeßkammer erfolgt ausgehend von Raumtemperatur R mit einer Aufheizrate von 12°C/sec bis zum Stabilisierungsschritt S, der auf 120°C unterhalb der zu erreichenden Prozeßtemperatur P, also im Beispiel auf 1000°C festgelegt ist. Der Zeitraum des Stabilisierungsschrittes beträgt wenige Sekunden.

30

Die weitere Aufheizung auf die Prozeßtemperatur von 1120°C erfolgt mit einer Aufheizrate von 10°C/sec

35

Die Anhebung des Stabilisierungsschrittes auf 120°C unter die Prozeßtemperatur und die Reduzierung der Aufheizraten hat zur

Folge, daß einerseits Temperaturüberschwinger am Waferrand noch keine Waferverzüge erzeugen und andererseits der Temperaturgang über den Wafer bei Erreichen der Prozeßtemperatur möglichst homogen ist. Insbesondere führt die Reduzierung der Aufheizrate vom Stabilisierungsschritt bis zur Prozeßtemperatur auf 10°C/sec zur Verringerung des Temperaturgradienten über dem Wafer.

Nach Beendigung des Oxidationsprozesses wird der Wafer mit einer anfänglichen Abkühlrate von 20°C/sec bis auf die Ausfahrtemperatur A abgekühlt. Insbesondere ist die reduzierte Abkühlrate von 20°C/sec in dem Temperaturbereich einzuhalten, in dem Waferverzüge auftreten können. Dies ist beispielsweise der Temperaturbereich von der Prozeßtemperatur bis zur Temperatur des Stabilisierungsschrittes von 1000°C.

Da durch die Verringerung der Aufheiz- und der Abkühlraten eine Verlängerung der Prozeßzeit zu verzeichnen ist, kann diese durch verschiedene Maßnahmen optimiert werden. So kann der Spülschritt am Anfang des Rezeptes z.B. bei der AA-Oxidation auf 10 sec verkürzt werden und der Kühlschritt am Ende des Prozesses so weit verkürzt werden, daß die Ausfahrtemperatur 600°C beträgt.

Das erfindungsgemäße Verfahren wurde vorstehend an Hand der AA-Oxidation beschrieben, kann jedoch auf analoge Weise auch bei der Sacrificial-Oxidation und der GC-Sidewall-Oxidation angewendet werden. In jedem Fall werden durch das erfindungsgemäße Verfahren die nicht korrigierbaren Lagefehler in den Kontaktlochebenen eliminiert. Die Folge ist eine erhebliche Ausbeuteverbesserung und eine Reduzierung der DC-Yield-Verluste um 7 - 10 % , wobei der Aufwand betreffend die Änderung der Rezepte der RTP-Prozesse sehr gering ist.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung thermischer Prozeßschritte bei der Strukturierung von Halbleiterwafern, insbesondere bei Rapid Thermal Processing (RTP)-Prozessen vorzugsweise während der AA-Oxidation, der Sacrificial Oxidation und der GC-Sidewall-Oxidation bei dem der Wafer in einer Prozeßkammer mit einer vorgegebenen Aufheizrate auf die Prozeßtemperatur aufgeheizt und nach Ablauf der vorgesehenen Prozeßzeit mit einer vorgegebenen Abkühlrate wieder abgekühlt wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Wafer mit einer Aufheizrate von ca. 12°C/sec bis zu einem kurzzeitigen Stabilisierungsschritt bei konstanter Temperatur und anschließend bis zur vorgesehenen Prozeßtemperatur mit einer Aufheizrate von 10°C/sec aufgeheizt wird und nach Ablauf der Prozeßzeit mit einer vorgegebenen geringen Abkühlrate wieder bis zur Raumtemperatur abgekühlt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Stabilisierungsschritt auf eine Temperatur von 120°C unter die Prozeßtemperatur angehoben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Temperatur des Stabilisierungsschrittes 1000°C beträgt.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Wafer mit einer Abkühlrate ca. 20°C/sec abgekühlt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß das Wafer wenigstens in dem Temperaturbereich, in dem Waferverzüge auftreten können, mit der Abkühlrate von ca. 20°C/sec von der Prozeßtemperatur bis

120° unter die Prozeßtemperatur und anschließend mit einer geringeren Abkühlrate abgekühlt wird.

- 5 6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß der Spülschritt am Anfang des Rezeptes so weit verkürzt wird, daß die Prozeßkammer ausreichend mit Prozeßgas gespült wird.
- 10 7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t, daß der Kühlschritt am Ende des Rezeptes so eingestellt wird, daß die Ausfahrtemperatur aus der Prozeßkammer 600°C beträgt.



## Zusammenfassung

## Verfahren zur Verbesserung thermischer Prozeßschritte

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung thermischer Prozeßschritte ,insbesondere bei RTP-Prozessen während verschiedener Oxidationsprozesse. Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß das Wafer mit einer Aufheizrate von ca.  $12^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  bis zu einem Stabilisierungsschritt bei  $120^{\circ}\text{C}$  unterhalb der Prozeßtemperatur und anschließend bis zur Prozeßtemperatur mit einer Aufheizrate von  $10^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ . Die Abkühlung erfolgt mit einer geringeren Abkühlrate von ca.  $20^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  bis zur Ausfahrtemperatur.

15 Fig. 1

